

No active trail

**DELPHION**

Select CR

Select U

**RESEARCH****PRODUCTS****INSIDE DELPHION**

Log Out Work Files Saved Searches

My Account

Search: Quick/Number Boolean Advanced Derwent

**Derwent Record**

Email tr

View: [Expand Details](#) Go to: [Delphion Integrated View](#)Tools: Add to Work File: [Create new Work File](#)

Derwent Title: **Low dielectric constant film for electronic components, comprises diamond fine particles and, when treated with metallic salt aqueous solution, has no or little dissolution of carbonate or sulfate**

Original Title:  **WO05008762A1: LOW-PERMITTIVITY FILM, AND PRODUCTION METHOD THEREFOR, AND ELECTRONIC COMPONENT USING IT**

Assignee: **JAPAN SCI & TECHNOLOGY AGENCY** Non-standard company  
**RORZE CORP** Non-standard company

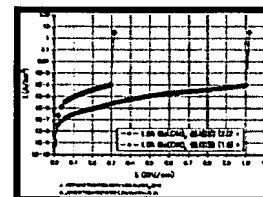
Inventor: **SAKAUE H; SAKURAI T; SHINGUBARA S; TAKAHAGI T; TOMIMOTO H;**

Accession/Update: **2005-142403 / 200639**

IPC Code: **H01L 21/02 ; H01L 21/314 ;**

Derwent Classes: **E11; L03; U11;**

Manual Codes: **E05-E01C**(Aromatic compound with Si-C bond) , **E05-E02B** ((Cyclo)aliphatic compound with 3 Si-C bonds to one Si) , **E05-E02C**((Cyclo)aliphatic compound with 2 Si-C bonds to one Si) , **E05-E03**(Other organo-silicon compound) , **E10-A12C2** (Carbamic acid, use) , **E10-C04C**(Other carboxylic acids with aromatic ring) , **E10-C04J1U**(Formic acid, use) , **E10-C04J2U** (Acetic acid, use) , **E10-C04L1**(Other 2-9c acyclic mono-carboxylic acid) , **E10-E02E1**(Phenol (optionally substituted only by hydrocarbyl) use) , **E10-E04L**(Unsubstituted alkanol, use [general]) , **E10-E04L3**(Propanols, butanols, use) , **L04-A01D** (Diamond) , **U11-A08A1**(Organic insulating material for semiconductor mfr.) , **U11-C05B**(Inorganic insulating layer deposition)



Derwent Abstract: ( WO05008762A) **Novelty** - The low dielectric constant film is porous and comprises diamond fine particles. The film, when treated with a metallic salt aqueous solution, has no or little dissolution of carbonate or sulfate. The solubility is given as 1 g/100 g or less, at normal temperature.

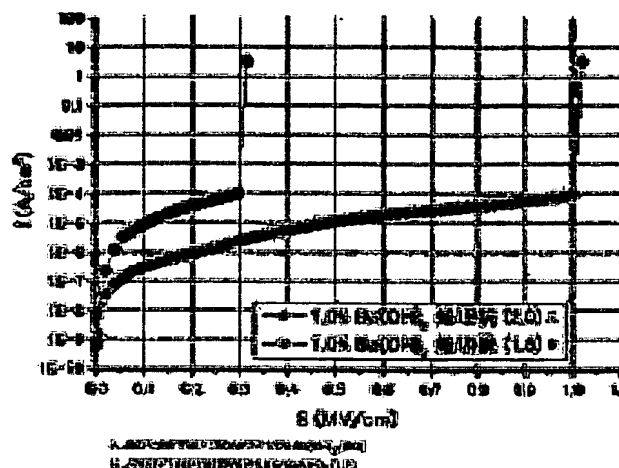
**Detailed Description** - INDEPENDENT CLAIMS are included for the following:

- (1) electronic component using the low dielectric constant film; and
- (2) manufacturing method of low dielectric constant film, which involves reacting active hydroxyl group and hydrophobic agent on diamond fine particle surface.

**Use** - For electronic components (claimed) and as multilayer interconnection-use insulation film of semiconductor integrated circuit elements.

**Advantage** - The low dielectric constant thin film has high heat resistance, low permittivity, high mechanical strength and high conductivity.

Images:



**Description of Drawing(s)** - The graph shows the electric current voltage characteristic of barium before and after processing porous diamond fine particle film. (Drawing includes non-English language text).

Dwg.1/4

Family:

PDF Patent	Pub. Date	Derwent Update	Pages	Language	IPC Code
<input checked="" type="checkbox"/> <b>WO05008762A1</b> *	2005-01-27	200515	30	Japanese	H01L 21/314
(N) AE AG AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BW BY BZ CA CH CN CO CR CU CZ DE DK DM DZ EC EE EG ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX MZ NA NI NO NZ OM PG PH PL PT RO RU SC SD SE SG SK SL SY TJ TM TN TR TT TZ UA UG US UZ VC VN YU ZA ZM ZW (R) AT BE BG BW CH CY CZ DE DK EA EE ES FI FR GB GH GM GR HU IE IT KE LS LU MC MW MZ NA NL OA PL PT RO SD SE SI SK SL SZ TR TZ UG ZM ZW					
Des. States:					
Local apps.: <a href="#">WO2004JP0009009</a> Filed:2004-06-25 (2004WO-JP09009)					
<input checked="" type="checkbox"/> <b>DE112004001324T5</b> =	2006-06-08	200639	20	German	H01L 21/02
Local apps.: Based on <a href="#">WO05008762</a> (WO2005008762)					
<a href="#">DE200400B001324</a> Filed:2004-06-25 (2004DE-B001324)					
<a href="#">WO2004JP0009009</a> Filed:2004-06-25 (2004WO-JP09009)					

INPADOC  
Legal Status:

[Show legal status actions](#)

Priority Number:

Application Number	Filed	Original Title
JP2004000073600	2004-03-15	
JP2003000304153	2003-08-28	
JP2003000276147	2003-07-17	

Chemical  
Indexing Codes:

[Show chemical indexing codes](#)

Markush  
Compound  
Numbers:

[Show Markush numbers](#)

Specific  
Compound  
Numbers:

[Show specific compounds](#)

Related  
Accessions:

Accession Number	Type	Derwent Update	Derwent Title
C2005-046368	C		
N2005-121147	N		
2 items found			

🔍 Title Terms: LOW DIELECTRIC CONSTANT FILM ELECTRONIC COMPONENT COMPRISE  
DIAMOND FINE PARTICLE TREAT METALLIC SALT AQUEOUS SOLUTION NO  
DISSOLVE CARBONATE SULPHATE

[Pricing](#) [Current charges](#)

<b>Derwent Searches:</b>	<a href="#">Boolean</a>   <a href="#">Accession/Number</a>   <a href="#">Advanced</a>
--------------------------	---

Data copyright Thomson Derwent 2003



Copyright © 1997-2006 The Thomson

[Subscriptions](#) | [Web Seminars](#) | [Privacy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#) |



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 11 2004 001 324 T5 2006.06.08

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/008762**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2004 001 324.0**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2004/009009**  
(86) PCT-Anmeldetag: **25.06.2004**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **27.01.2005**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **08.06.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 21/314 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

2003-276147	17.07.2003	JP
2003-304153	28.08.2003	JP
2004-073600	15.03.2004	JP

(71) Anmelder:

Rorze Corp., Hiroshima, JP; Japan Science and  
Technology Agency, Kawaguchi, Saitama, JP

(74) Vertreter:

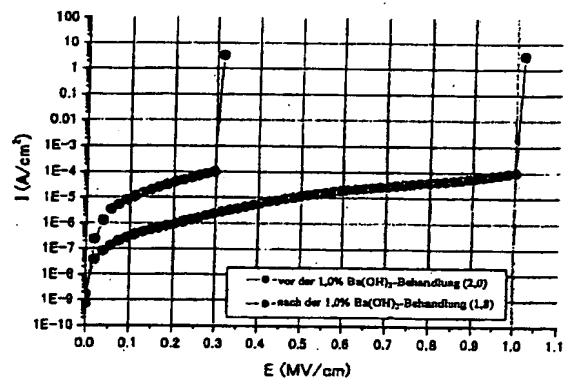
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,  
Dost, Altenburg, Geissler, 81679 München

(72) Erfinder:

Erfinder wird später genannt werden

(54) Bezeichnung: **Filme mit niedriger Dielektrizitätskonstante und Herstellungsverfahren für diese Filme sowie elektronische Bauteile, die diese Filme verwenden**

(57) Hauptanspruch: Ein Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante, aufweisend einen Film mit zumindest feinen Diamantpartikeln und Poren, wobei der Film der niedrigen Dielektrizitätskonstante zumindest ein Metall aufweist, ausgewählt aus der Gruppe von Metallen, deren Karbonatsalze oder Sulfatsalze eine Löslichkeit von 1 g/100 g oder weniger bei Raumtemperatur aufweisen.



## Beschreibung

## TECHNISCHER BEREICH

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen dünnen Film mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante sowie einen isolierenden Film einer porösen Struktur, in den feine Diamantpartikel eingebunden sind, und ein Herstellungsverfahren dafür sowie ein elektronisches Bauteil wie z. B. einen integrierten Schaltkreis aus einem Halbleitermaterial mit einer hohen Integrationsdichte und einer hohen Betriebsgeschwindigkeit, der einen solchen Film verwendet.

## STAND DER TECHNIK

**[0002]** Die Verzögerung von Signalen, die durch Leitungen verlaufen, die in Vorrichtungen angeordnet sind, verursachen in integrierten Halbleiterschaltkreiseräten, insbesondere in Super-LSI-Geräten ein signifikantes Problem beim Verringern des Stromverbrauchs in dem Maße, wie die Leitungen dünner werden und integrierter werden. Insbesondere führt bei einem Logikgerät hoher Geschwindigkeit, die RC-Verzögerung aufgrund des Widerstandes und der Verteilungskapazität der Leitungen zu größten Schwierigkeiten. Es ist daher vorzuziehend erforderlich, ein Material einer niedrigen Dielektrizitätskonstante für die Isolationsmaterialien zwischen den Leitungen zu verwenden, um die Verteilungskapazität zu verringern. Bislang wurden als ein isolierender Film in einem integrierten Halbleiterschaltkreis ein Siliziumdioxidfilm ( $\text{SiO}_2$ ) verwendet, ein Tantaloxidfilm ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ), ein Aluminiumoxidfilm ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ein Nitridfilm ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) und ähnliche Filme. Als ein Isoliermaterial zwischen Leitungen mehrerer Lagen wurden insbesondere ein Nitridfilm oder ein Siliziumdioxidfilm als ein Film mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante verwendet oder untersucht, der mit einem organischen Material oder Fluor dotiert worden ist. Ferner wurden als isolierender Film zum weiteren Absenken der Dielektrizitätskonstante ein Fluorharz, ein hergestellt durch das Backen eines aufschäumenden organischen Siliziumdioxidfilmes, ein poröser Siliziumdioxidfilm hergestellt durch das Abscheiden von feinen Siliziumdioxidpartikeln, etc. untersucht.

**[0003]** Andererseits ist Diamant aufgrund seiner exzellenteren Wärmeleitfähigkeit und größeren mechanischen Stärke als andere Materialien ein Material, das geeignet ist zur Wärmeableitung für hoch integrierte Halbleitergeräte und große Mengen von Wärmeerzeugung und ist daher in den vergangenen Jahren untersucht worden. Beispielsweise schlägt die JP-A Nr. 6-97671 einen Diamantfilm einer Dicke von 5  $\mu\text{m}$  vor durch ein Filmherstellungsverfahren wie z. B. ein Sputterverfahren, ein Ion-Plating-Verfahren oder ein Verfahren mit einem Ionenclusterstrahl. Ferner schlägt die JP-A Nr. 9-263488 ein Filmherstellungsverfahren vor, bei dem feine Diamantpartikel auf ein Substrat zerstäubt werden und Diamantkristalle aufwachsen, indem sie als Nukleationskerne verwendet werden, indem Kohlenstoff durch ein CVD-Verfahren (Chemical Vapor Deposition) zugeführt wird. Die vorliegenden Erfinder haben eine spezifische Dielektrizitätskonstante von 2,72 erreicht durch einen feinen Diamantpartikelfilm einer porösen Struktur wie er bereits in der JP-A Nr. 2002-110870 offenbart ist. Ferner, da feine Diamantpartikel sich nicht miteinander verbinden, führt dies zu dem Problem, dass die Filmstabilität sinkt. Um das Problem zu lösen schlägt die JP-A Nr. 2002-289604 ein Verstärkungsverfahren vor, indem die feinen Diamantpartikel durch eine Behandlung mit Hexachlorodisiloxan miteinander vernetzt werden und es wird gezeigt, dass eine spezifische Dielektrizitätskonstante, die mit derjenigen in der JP-A Nr. 2002-110870 vergleichbar ist, auch durch diese Behandlung erreicht wird.

**[0004]** Ferner haben die vorliegenden Erfinder berichtet, dass eine spezifische Dielektrizitätskonstante von 2,1 erhalten wird durch Heizen und Reinigen von feinen Diamantpartikeln in einer gemischten Säure aufweisend Schwefelsäure/Salpetersäure auf der Akademischen Konferenz (das 50. Treffen der Japanischen Gesellschaft für angewandte Physik und verwandte Gesellschaften, Pre-Text Nr. 2, Seite 913 (2003)).

**[0005]** Die bisher bekannten Materialien mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 1

Name des Materials	Spezifische Dielektrizitätskonstante
Siliziumdioxid (Plasma CVD)	4,2 – 5,0
Fluor-haltiges Siliziumdioxid	3,7
Diamant (Einkristall)	5,68
Poröses Siliziumdioxid	1,5 – 2,5
Poröser Diamant	2,1 – 2,72
Polyimid	3,0 – 3,5
Polytetrafluorethylen	1,9
Gas	1

Patentdokument 1: JP-A Nr. 6-97671

Patentdokument 2: JP-A Nr. 9-263488

Patentdokument 3: JP-A Nr. 2002-110870

Patentdokument 4: JP-A Nr. 2002-289604

Nicht-Patentdokument 1: Das 50. Treffen der Japanischen Gesellschaft für angewandte Physik und verwandte Gesellschaften, Pre-Text Nr. 2, Seite 913 (2003).

#### OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

**[0006]** Wie oben erläutert, sind zahlreiche Untersuchungen zur weiteren Verbesserung der Integrationsdichte durchgeführt worden, um Materialien mit einer spezifischen Dielektrizitätskonstante zu erhalten, die niedriger als der Wert von 3,7 für das fluorhaltige Siliziumdioxid in der Tabelle liegt. Da der Siliziumdioxidfilm an sich zwei Arten von atomaren Elementen mit einer hohen Elektronegativität umfasst, nämlich Sauerstoff und Silizium, verbleibt eine Orientierungspolarisation und der Film ist als Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante unzureichend, so dass poröses Siliziumdioxid untersucht worden ist, das durch ein Blasverfahren von feinen Partikeln erzeugt worden ist. Dieses ist jedoch in seiner mechanischen Stabilität unzureichend und bisher im praktischen Einsatz noch nicht verwendet worden. Ferner, obwohl Polytetrafluorethylen als ein Fluorharz, das in der Tabelle gezeigt ist, eine ausreichende spezifische Dielektrizitätskonstante aufweist, kann es nicht verwendet werden, da es eine strenge Bedingung für die erforderliche Hitzebeständigkeit von 300°C bis 400°C oder höher beim Halbleiterherstellungsprozess nicht erfüllt. Obwohl Polyimid ein hitzebeständiges Harz ist, wird es bei 400°C oder höher karbonisiert und kann ebenfalls nicht verwendet werden.

**[0007]** Als Ergebnis einer weiteren Untersuchung hat sich herausgestellt, dass die dielektrische Durchschlagsspannung und der Isolationswiderstand unzureichend sind. Dies liegt daran, dass feine Diamantpartikel amorpher Kohlenstoff und Graphit als Verunreinigung enthalten, so wie es in der JP-A Nr. 9-263488 offenbart ist. Obwohl feine Diamantpartikel als ein grobes Rohmaterial durch eine konzentrierte Schwefelsäure oder eine konzentrierte Salpetersäure oxidiert werden, um diese Verunreinigungen zu entfernen, ist dies jedoch nicht ausreichend. Obwohl verschiedene Verfahren wie z. B. eine Zunahme der Oxidationstemperatur bei der Säurebehandlung untersucht worden sind, ist ein ausreichend hoher elektrischer Widerstandswert und eine ausreichend hohe dielektrische Durchschlagsspannung bisher nicht erreicht worden.

**[0008]** Im Verlaufe solcher Untersuchungen haben die vorliegenden Erfinder herausgefunden, dass, wenn feine Diamantpartikel mit Salpetersäure behandelt werden, Hydroxygruppen und Carboxylgruppen auf der Oberfläche gebildet werden, und dass, wenn sie ferner mit Schwefelsäure behandelt werden, Sulfonsäuregruppen darüber hinaus zusätzlich gebildet werden. Das heißt, es wird angenommen, dass ein Leckstrom verursacht wird und die dielektrische Durchschlagsspannung nicht zunimmt, auch weil Wassermoleküle eine Affinität zu den hydrophyllischen Gruppen aufweisen und zu den Verunreinigungen, die als Spurenelemente enthalten sind.

**[0009]** Zusätzlich ist in einer weiteren Studie herausgefunden worden, dass die elektrischen Eigenschaften unzureichend waren, indem die dielektrische Durchschlagsspannung bei 0,58 MV/cm lag, obwohl sie bei 1,0

MV/cm oder höher liegen sollte und der Wert des Leckstroms als der Kehrwert des Isolationswiderstandes war  $10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup> bei 0,58 MV/cm, obwohl er bei  $10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> oder niedriger liegen sollte, wie durch das Symbol „□“ in Fig. 3 gezeigt.

[0010] Als Ergebnis der Ursachenforschung durch die Verwendung von Infrarotabsorptionsspektroskopie wurde gefunden, dass ein breites Absorptionsspektrum für Hydroxygruppen bei einer Wellenzahl von 3400 cm<sup>-1</sup> zunimmt, wenn gereinigte feine Diamantpartikel mit Hexachlorodisiloxan behandelt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Hydroxygruppen HO-Si-Bänder bilden aufgrund der Hydrolyse von nicht-reagierten Cl-Si-Bändern des Hexachlorodisiloxan mit dem Wasserinhalt in der Luft. Im Verlauf der oben beschriebenen Studie haben die vorliegenden Erfinder herausgefunden, dass der Leckstrom verursacht und die dielektrische Durchschlagsspannung durch die Wassermoleküle nicht erhöht worden ist, die eine Affinität zu den Hydroxygruppen und zu den Verunreinigungen aufweisen, die als Spurenelemente enthalten sind.

#### Mittel zum Lösen der Probleme

[0011] Mit dem Ziel, die Erzeugung der Wasserstoffionen zu unterdrücken, haben die vorliegenden Erfinder eine ernsthafte Studie durchgeführt, und als Ergebnis einen exzellenten Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante entwickelt, der zumindest feine Diamantpartikel und Poren aufweist, in denen der Film der niedrigen Dielektrizitätskonstante Metalle zumindest einer Substanz enthält, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus verschiedenen Metall-Karbonat-Substanzen und verschiedenen Metall-Sulfat-Substanzen, die bei Raumtemperatur eine Löslichkeit in Wasser von 1 g/100 g oder weniger aufweisen, und haben damit die vorliegende Erfindung erzielt. Während die meisten Metalle mit der Ausnahme einiger Metalle als Element oder als ein in Wasser gelöstes Metallion eine elektrische Leitfähigkeit aufweisen, sind Metalloxide oder ihre in Wasser unlöslichen Metallsalze Isolatoren. In der Erfindung kann die elektrische Durchschlagsspannung und der Isolationswiderstand verbessert werden, indem die Carboxylgruppen und die Sulfongruppen als ionische Gruppen auf der Oberfläche der feinen Diamantpartikel nicht-ionisch gemacht werden, d. h. nicht wasserlöslich oder weniger wasserlöslich. Als Ergebnis der Studie der Beziehung zwischen der Löslichkeit im Wasser und der dielektrischen Durchschlagsspannung und des Isolationswiderstandes der Metall-Karbonat-Salze oder Metall-Sulfat-Salze als dem Standard für das geringere Löslichmachen wurde ein Effekt gefunden, mit dem sie verbessert werden, wenn sie zumindest 1 g/100 g oder weniger bei Raumtemperatur beträgt. Es ist bevorzugt, dass die Wasserlöslichkeit der Metalkarbonate oder der Metallsulfate niedriger ist, und es ist ferner besonders bevorzugt, wenn sie 0,01 g/100 g oder weniger beträgt, und es können auch solche sein, die als unlöslich bekannt sind.

[0012] Das in dem Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante enthaltene Metall der Erfindung ist besonders bevorzugt zumindest ein Mitglied der Gruppe aufweisend Kalzium, Strontium, Barium, Quecksilber, Silber, Blei und Radium. Jedes der Karbonate dieser Metalle hat eine Löslichkeit in Wasser bei Raumtemperatur zwischen  $10^{-5}$  bis  $10^{-4}$  g/100 g und jedes ihrer Sulfat-Salze hat eine Löslichkeit in Wasser bei Raumtemperatur zwischen 0,6 bis  $10^{-6}$  g/100 g, welche für das Ziel der Erfindung geeignet sind. Unter den Metallen sind Kalzium, Strontium, Barium und Silber am meisten bevorzugt.

[0013] Als ein Verfahren, damit die Metalle in dem Film der niedrigen Dielektrizitätskonstante enthalten sind, wird nach dem Bilden eines feinen Diamantpartikelfilms mit Poren durch ein bekanntes Verfahren, ein wasserlösliches Salz eines Metalls wie z. B. eines Hydroxides, eines Hydrochlorides und eines Nitrates mit der Löslichkeit in Wasser des Metalkarbonats oder des Metallsulfats von 0,1 g/100 g oder weniger ausgewählt und in Wasser gelöst. Die Lösung wird in die Poren des Films aus feinen Diamantpartikeln imprägniert und bindet mit den Karboxylgruppen oder/und den Sulfonsäuregruppen, die an die Oberfläche der feinen Diamantpartikel gebunden sind und macht sie dadurch unlöslich, gefolgt von einem Schritt des Waschens mit Wasser und einem Trocknungsschritt. Dadurch kann ein Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante, der einer Behandlung zum Unlöslichmachen mit einem Metallsalz unterworfen worden ist, gemäß der Erfindung erhalten werden.

[0014] Die Behandlungslösung, die gemäß der Erfindung verwendet wird, umfasst beispielsweise eine wässrige Lösung von Kalziumhydroxid, Kalziumchlorid, Kalziumnitrat, Strontiumchlorid, Strontiumnitrat, Bariumhydroxid, Bariumchlorid, Bariumnitrat, Quecksilberniträt, Silberniträt, Bleinitrat und Radiumchlorid. Die Konzentration der Behandlungslösung ist vorzugsweise zwischen 0,1 Gew.-% und 20 Gew.-%. In einem Fall, in dem die Konzentration weniger als 0,1 Gew.-% beträgt, ist die Behandlungsrate niedrig, was nicht bevorzugt ist. Für den Fall, dass die Konzentration der wässrigen Lösung 20 Gew.-% überschreitet oder eine gesättigten Konzentration, wird es schwierig, Überschusssalze, die in die Poren eingedrungen sind, mit dem Wasser abzuwaschen, was nicht bevorzugt ist.

**[0015]** Ein Film aus feinen Diamantpartikeln mit Poren wird hergestellt durch das Beschichten und Trocknen einer wässrigen Dispersion daraus auf einem einkristallinen Siliziumsubstrat mit einem Schaltkreis oder einem Glassubstrat mit einem Schaltkreis oder einem leitenden Film. Der Film aus feinen Diamantpartikeln kann direkt mit der Behandlungslösung der Erfindung behandelt werden, die oben beschrieben worden ist, oder er kann behandelt werden nach dem Verstärken des Films aus feinen Diamantpartikeln mit Hexachlordisiloxan, etc. Das Behandlungsverfahren umfasst beispielsweise ein Verfahren des Eintauchens eines Films aus feinen Diamantpartikeln, der auf ein Substrat beschichtet worden ist in die Behandlungslösung, ein Verfahren des Beschichtens der Behandlungslösung mit einer hohen Konzentration gemäß der Erfindung auf dem Film oder ein Verfahren des Zerstäubens und Aufsprühens der Behandlungslösung der Erfindung auf den Film.

**[0016]** Die Erfindung umfasst ferner ein elektronisches Bauteil, das als Bestandteil den oben beschriebenen Film mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante aufweist. Als elektronisches Bauteil ist ein integrierter Halbleiterschaltkreis einer hohen Integrationsdichte und einer hohen Betriebsgeschwindigkeit am meisten geeignet. Es kann jedoch auch ein gewöhnliches Halbleitergerät oder eine Mikromaschine sein oder ein gewöhnlicher Kondensator mit einem Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante, der das oben beschriebene Metall und feine Diamantpartikel enthält und Poren aufweist (einen porösen Film aus feinen Diamantpartikeln).

**[0017]** Die feinen Diamantpartikel, die in der Erfindung verwendet werden sind, vorzugsweise Festkörperpartikel mit einer Partikelgröße zwischen 1 nm bis 1000 nm, die bis zu einem Reinheitsgrad von 95% oder mehr gereinigt worden sind. Die Porosität des Filmes der niedrigen Dielektrizitätskonstante der Erfindung liegt vorzugsweise zwischen 40% und 70%.

**[0018]** Da der Film aus feinen Diamantpartikeln der Erfindung Poren aufweist ist die Oberfläche natürlich rau und kann verdichtet werden. Zu diesem Zweck kann ein bekanntes Verfahren wie z. B. ein SOG-Verfahren (Spin on Glass) verwendet werden, ein SG-Film-Verfahren (Silikatglass) ein BPSG-Film-Verfahren (Boron Phosphate SG) oder ein Plasma-CVD-Verfahren.

**[0019]** Ferner haben die vorliegenden Erfinder eine ernsthafte Studie durchgeführt mit dem Ziel des Erhöhen des Wertes des elektrischen Widerstandes, d. h. um den Leckstrom zu verringern und haben im Ergebnis einen Film einer niedrigen dielektrischen Konstante entwickelt, der zumindest feine Diamantpartikel und Poren aufweist, wobei die Oberfläche der feinen Diamantpartikel eine Gruppe der allgemeinen Formel-X aufweist, welche stärker hydrophob ist, als eine -OH (Hydroxyl) Gruppe und haben damit die Erfindung erzielt. Das X der allgemeinen Formel-X-Gruppe ist vorzugsweise Wasserstoff, Fluor, eine C<sub>1</sub> bis C<sub>4</sub>-Alkoxygruppe, eine Phenoxygruppe, eine o-(m- oder p-) Alkylphenoxygruppe (in der die Alkylgruppe: C<sub>1</sub> bis C<sub>4</sub> vorhanden ist), OCOR, OCONRR' oder OSiR<sub>3</sub> [R und R' repräsentieren jeweils Wasserstoff, eine C<sub>1</sub> bis C<sub>4</sub> Alkylgruppe, eine Phenylgruppe, oder eine o-(m- oder p-) Alkylphenylgruppe].

**[0020]** Eine bevorzugtere Gruppe in der X-Gruppe der allgemeinen Formel ist in Anbetracht des Hitzewiderstandes Fluor oder OSiR<sub>3</sub> [wobei R, R' jeweils Wasserstoff, eine C<sub>1</sub> bis C<sub>4</sub> Alkylgruppe, eine Phenylgruppe, oder eine O-(m- oder p-) Alkylphenylgruppe darstellt], die einem Zustand einer Hitzebehandlung von 300 °C widerstehen kann.

**[0021]** In dem Verfahren der Herstellung eines Filmes mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante der Erfindung werden zunächst feine Diamantpartikel in einem Lösungsmittel, z. B. Wasser, suspendiert und auf einem Substrat als Schicht aufgetragen und getrocknet durch ein bekanntes Verfahren, um einen Film zu bilden und ein hydrophobes Agens reagiert mit den aktiven Hydroxylgruppen auf der Oberfläche der feinen Diamantpartikel in einem gasförmigen Zustand oder einem flüssigen Zustand. Als Reaktionsbedingungen werden in diesem Fall die Temperatur, die Konzentration und die Zeit optimal für die Reaktivität im Hinblick auf das hydrophobe Agens und die Hydroxylgruppen eingestellt.

**[0022]** Das hydrophobe Agens zum Bilden der OSiR<sub>3</sub>-Gruppe als X in der -X-Gruppe der allgemeinen Formel umfasst beispielsweise ein Alkylhalogensilan, wie z. B. Trimethylmonochlorsilan und Dimethyldichlorsilan, di(tetra, hexa oder hepta)alkyldisilazan wie z. B. Hexamethyldisilazan und Heptamethyldisilazan, Dialkylaminotrialkylsilan, wie z. B. Dialkylaminotrimethylsilan, Trialkylmonoalkoxysilan, wie z. B. Trimethylmonomethoxysilan, N,O-bis(trialkylsilyl)acetoamid, wie z. B. N,O-bis(trimethylsilyl)acetoamid, N,O-bis(Trialkylsilyl)Trihalogenacetamid, wie z. B. N,O-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamid, Alkylsilylimidazol, wie z. B. Trimethylsilylimidazol und Butyldimethylsilylimidazol, aryliertes Alkylmonohalogensilan, wie z. B. Triphenylmonochlorsilan, Monophenylmonochlordimethylsilan und Diphenylmonochlormonomethylsilan und aryliertes Monoalkoxyalkylsilan, wie z. B. Triphenylmonomethoxysilan, Monophenyldimethylmethoxysilan und Diphenylmonomethoxymonomethylsilan.

**[0023]** Ferner umfasst das hydrophobe Agens zum Bilden der Alkoxygruppe als der X-Gruppe Diazoalkylen, wie z. B. Diazomethan oder Diazoethan. Das hydrophobe Agens zum Bilden der OCOR-Gruppe als der X-Gruppe umfasst Acetylchlorid, propionische Chloridsäure oder Butterchloridsäure. Das hydrophobe Agens, das die OCONHR-Gruppe als die X-Gruppe bildet, umfasst Alkylisocyanat, wie z. B. Methylisocyanat, Ethylisocyanat, Propylisocyanat oder Butylisocyanat. Ferner kann für den Fall, dass X Wasserstoff ist, Wasserstoffgas, Silan, Disilan oder Lithiumaluminiumhydrid verwendet werden und für den Fall, dass X Fluor ist, kann Fluorgas, Xenonfluorid, Tetrafluorsilizium und Fluoralkan, wie z. B. Mono(di, tri oder tetra)fluormethan verwendet werden. Der Film aus feinen Diamantpartikeln hat Poren, die durch das Beschichten und Trocknen der wässrigen Lösung auf einem einkristallinen Siliziumsubstrat mit einem Schaltkreis erzeugt werden oder einem Glassubstrat mit einem Schaltkreis oder einem leitenden Film. Der Film aus feinen Diamantpartikeln kann direkt mit dem oben beschriebenen hydrophoben Agens gemäß der Erfindung behandelt werden oder der Film aus feinen Diamantpartikeln kann durch Vernetzen der Partikel verstärkt werden unter der Verwendung von Hexachlordisiloxan, 1,3-Dichlortetramethylidisiloxan oder Dichlordimethylsilan, gefolgt durch die hydrophobe Behandlung. Das Verfahren zur hydrophoben Behandlung umfasst beispielsweise ein Verfahren zum Eintauchen des Films aus feinen Diamantpartikeln, die auf ein Substrat beschichtet worden sind, in eine Lösung eines hydrophoben Agens, ein Verfahren des Beschichtens des Films mit einer Lösung des hydrophoben Agens, ein Verfahren des Zerstäubens und Aufsprühens einer Behandlungslösung der Erfindung auf den Film, ein Verfahren des Verdampfens eines hydrophoben Agens beim Heizen oder bei Raumtemperatur und des Reagierens des Agens allein oder in einer Lösung verdünnt oder ein Verfahren des Reagierens in einer Plasmaatmosphäre für den Fall einer gasförmigen Substanz, wie z. B. Wasserstoff oder Fluor.

**[0024]** Sulfoxylgruppen oder Karboxylgruppen können manchmal auf der Oberfläche der feinen Diamantpartikel anwesend sein, die in der Erfindung wie oben beschrieben, verwendet werden. In diesem Fall kann zumindest ein Mitglied der Gruppe bestehend auf Kalzium, Strontium, Barium, Quecksilber, Silber, Blei und Radium ebenfalls mit den Gruppen verbunden werden. Das Verfahren, mit dem die Metalle in den Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante eingebaut werden, kann ein bekanntes Verfahren sein. Das heißt, es umfasst ein Verfahren zum Bilden eines Films mit feinen Diamantpartikeln mit Poren, daraufhin das Auswählen eines wasserlöslichen Salzes, wie z. B. des Hydroxides, des Wasserstoffchlorids oder des Nitrides des Metalls und das Auflösen desselben in Wasser, das Imprägnieren der Lösung in die Poren des Films aus den feinen Diamantpartikeln, das Binden des Metalls mit den Karboxylgruppen und/oder den Sulfonsäuregruppen, die an die Oberfläche der feinen Diamantpartikel gebunden sind, um das Metall unlöslich zu machen und daraufhin das Waschen mit Wasser und das Trocknen des Film oder ein Verfahren des Hinzufügens einer verdünnten Metallsalzlösung in eine Dispersionsflüssigkeit der feinen Diamantpartikel. Für den Fall, dass die Metallsalzlösung in eine Dispersionsflüssigkeit der feinen Diamantpartikel zusammen durchgeführt werden, ist es für die Behandlung und die Behandlung mit einem hydrophoben Agens zusammen durchgeführt werden, ist es für die Behandlung leicht, wenn ersteres zuerst durchgeführt wird, obwohl jede der beiden Behandlungsschritte zuerst durchgeführt werden kann. Die Kombination der Metallsalzbehandlung und der Behandlung mit einem hydrophoben Agens erzeugt beide Effekte und verbessert dadurch weiter den Isolationswiderstand und die dielektrische Durchschlagsspannung.

**[0025]** Die Erfindung umfasst ferner ein elektronisches Bauteil mit einem Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante als Bestandteil, so wie er oben erläutert worden ist. Als elektronisches Bauteil ist ein integrierter Halbleiterschaltkreis einer hohen Integrationsdichte und einer hohen Betriebsgeschwindigkeit am meisten geeignet. Es kann sich jedoch auch um ein gewöhnliches Halbleitergerät oder eine Mikromaschine handeln oder um einen gewöhnlichen Kondensator mit einem Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante, der das Metall und die feinen Diamantpartikel enthält und Poren aufweist (einen Film aus Diamantpartikeln mit feinen Poren).

**[0026]** Die feinen Diamantpartikel, die in der Erfindung verwendet werden, sind vorzugsweise feste Partikel mit einer Partikelgröße zwischen 1 nm bis 1000 nm gereinigt bis zu einem Reinheitsgrad von 95% oder höher. Ferner liegt die Porosität des Films einer niedrigen Dielektrizitätskonstante gemäß der Erfindung vorzugsweise zwischen 40% und 80%. Für den Fall, dass die Porosität 40% oder weniger beträgt, nimmt die dielektrische Konstante auf 3 oder mehr zu, insbesondere in dem Fall, wenn die Verteilung der Partikelgröße der feinen Diamantpartikel breit ist, was nicht bevorzugt ist. Ferner, für den Fall, dass die Porosität 80% oder mehr beträgt, kann keine ausreichende mechanische Stärke erhalten werden, was für eine praktische Anwendung unzureichend ist.

**[0027]** Da der Film aus feinen Diamantpartikeln gemäß der Erfindung Poren aufweist, weist die Oberfläche eine natürliche Rauigkeit auf und wird daher vorzugsweise verdichtet. Zu diesem Zweck kann ein bekanntes Verfahren, wie z. B. ein SOG-Verfahren (Spin on Glass), ein SG-Film-Verfahren (Silicate Glass), ein BPSG-Film-Verfahren (Boron Phosphate SG) oder ein Plasma-CVD-Verfahren, oder ein Verfahren zum Beschichten einer Dispersionsflüssigkeit aus feinen Diamantpartikeln von 5 nm oder weniger, etc. verwendet werden.

den.

**[0028]** Die vorliegenden Erfinder haben eine ernsthafte Untersuchung des Verstärkungsagens für den Film aus feinen Diamantpartikeln durchgeführt mit dem Ziel, die elektrischen Eigenschaften zu verbessern und haben als Ergebnis einen Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante entwickelt, der zumindest feine Diamantpartikel und Poren aufweist und gekennzeichnet wird durch eine Verstärkungsbehandlung des Vernetzens der feinen Diamantpartikel untereinander durch das Behandeln der Oberfläche der feinen Diamantpartikel mit zumindest einem Mitglied der Substanzen, die sich zumindest durch nachfolgende allgemeine Formel (a) darstellen lassen, wodurch eine merkliche Verbesserung erzielt worden ist:

(a) allgemeine Formel:  $X_nR_3-nSi(OSi)mR_3-nX_n$

(wobei  $n = 1$  oder  $2$ ,  $m$  eine ganze Zahl von  $0$  bis  $3$  ist,  $X$  stellt eine Halogengruppe, eine  $C_1$  bis  $C_6$  Alkoxygruppe oder eine Phenoxygruppe dar und  $R$  stellt eine  $C_1$  bis  $C_6$  Alkylgruppe dar).

**[0029]** Ferner könnte ein Film mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante mit einer ausreichenden Stärke und zufriedenstellenden elektrischen Eigenschaften erhalten werden, indem die Oberfläche der feinen Diamantpartikel nicht nur alleine mit der Substanz behandelt wird, die durch die obige allgemeine Formel (a) dargestellt wird, sondern mit gemischten Substanzen aus zumindest einer der Substanzen, die durch die nachfolgende allgemeine Formel (b) dargestellt werden und der Substanz, die durch (a) dargestellt wird, die oben beschrieben worden ist.

(b) Eine Substanz dargestellt durch die allgemeine Formel:  $X_3Si(OSi)mX_3$

(wobei  $m$  eine ganze Zahl von  $0$  bis  $3$  ist,  $X$  eine Halogengruppe, eine  $C_1$  bis  $C_6$  Alkoxygruppe oder eine Phenoxygruppe ist).

**[0030]** Das Verfahren zum Behandeln des Films aus feinen Diamantpartikeln umfasst beispielsweise ein Verfahren des Eintauchens in eine Flüssigkeit enthaltend zumindest die Verbindung der allgemeinen Formel (a) und/oder (b) (auf die im folgenden als Verstärkungsagens Bezug genommen wird), ein Verfahren zum Aufbringen einer Flüssigkeit enthaltend das Verstärkungsagens auf dem Film, ein Verfahren des Aufsprühens einer Flüssigkeit enthaltend die Substanz, die in der Erfindung verwendet wird, auf den Film oder ein Behandlungsverfahren, indem der Film dem Verstärkungsagens alleine oder in einem Lösungsmittel aufgelöst als Dampf beim Erhitzen oder bei Raumtemperatur ausgesetzt wird.

**[0031]** Im Fall des Vermischens der Verbindung der allgemeinen Formel (a) und der Verbindung der allgemeinen Formel (b) kann (a) und (b) im Bereich von  $2:98$  bis  $98:2$  Gewichtsverhältnis vorliegen. Es ist jedoch bevorzugt, dass sie in einem Verhältnis von  $70:30$  bis  $10:90$  vorliegen. Das Gewichtsverhältnis basiert auf einem gemischten Gewichtsverhältnis im flüssigen Zustand bevor die Oberfläche der feinen Diamantpartikel behandelt wird. Im Fall einer Behandlung im Gaszustand ist es erforderlich, die Dampfdrücke jeder Substanz bei der Behandlungstemperatur zu berücksichtigen. Hexachlordisiloxan hat eine höhere Reaktivität als Hexamethoxydisiloxan mit der Hydroxygruppe. Erstere setzt jedoch Wasserstoffchlorid frei und letztere setzt Methanol als Nebenprodukt frei. Für den Fall des Bildens eines Films einer niedrigen Dielektrizitätskonstante gemäß der Erfindung bei der Herstellung eines Halbleiterschaltkreises ist letzteres als Behandlungsagens bevorzugt, da Chlorionen manchmal unerwünschte Effekte erzeugen. In einer Situation, in der Chlorionen jedoch hinreichend entfernt werden, wird Ersteres verwendet. Dementsprechend kann für den Fall, dass Ersteres und Letzteres in einer Mischung verwendet werden, das Mischungsverhältnis optional gemäß der Situation der Prozesse zur Herstellung verschiedener Halbleiterschaltkreise optional bestimmt werden.

**[0032]** In der oben angegebenen allgemeinen Formel (a) und/oder (b) ist  $X$  zumindest eine Halogengruppe ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Fluor, Chlor, Brom und Jod oder eine Alkoxygruppe mit einer  $C_1$  bis  $C_6$  Alkyl- oder Phenoxygruppe;  $R$  ist eine  $C_1$  bis  $C_6$  Alkylgruppe. Für den Fall, dass  $C$  mehr als  $6$  ist, sowohl für die Alkoxygruppe, als auch die Alkylgruppe, wird die Reaktionsrate mit der Hydroxygruppe verringert, was nicht bevorzugt ist. Ferner hat die Phenoxygruppe ( $C_6$ ) eine Reaktivität und kann in der Erfindung verwendet werden. Das Kriterium zur Auswahl entweder der Halogengruppe oder der Alkoxygruppe als  $X$  kann bestimmt werden in Anbetracht der oben beschriebenen Reaktivität und der Situation im Hinblick auf das Entfernen von Chlorionen.

**[0033]** Daraufhin, für den Fall, dass in der obigen allgemeinen Formel (a) und/oder (b)  $m$  den Wert  $3$  überschreitet, wird die Siloxankette verlängert, so dass die Viskosität zunimmt, wodurch das Imprägnieren zwischen den feinen Diamantpartikeln bei einer Behandlung im flüssigen Zustand schwierig wird, was nicht bevorzugt ist. Ferner, auch im Fall einer Behandlung mit Dämpfen der Siloxanverbindung, wird der Siedepunkt

erhöht, wenn m den Wert von 3 überschreitet, was nicht bevorzugt ist. Dementsprechend ist der Fall, wenn m = 1 ist, d. h. eine Disiloxanverbindung, am meisten bevorzugt.

**[0034]** In der obigen allgemeinen Formel (a) und/oder (b) ist es am meisten bevorzugt, dass X zumindest ein Mitglied ist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer reaktiven Chlorgruppe, einer Methoxygruppe oder einer Ethoxygruppe und R ist eine hydrophobe Methylgruppe oder eine Ethylgruppe. Zusätzlich ist es bevorzugt, dass m = 1 ist, d. h. eine Disiloxanverbindung. Ferner ist es bevorzugt, dass n = 1 oder 2 ist, d. h. 2 oder 4 Chlorgruppen oder Alkoxygruppen, wie z. B. Methoxygruppen oder Ethoxygruppen oder 4 oder 2 Methylgruppen oder Ethylgruppen.

**[0035]** Der Film aus feinen Diamantpartikeln mit Poren gemäß der Erfindung wird auf einem Halbleitersubstrat wie z. B. einem einkristallinen oder polykristallinen Siliziumsubstrat gebildet, einem Halbleitersubstrat aus einer Verbindung, einem Quarzsubstrat, einem keramischen Substrat und einem Glassubstrat oder auf einem Substrat mit einem Zwischenprodukt zur Herstellung eines Halbleiters mit zahlreichen Schaltkreisen. Eine kolloidale Lösung der feinen Diamantpartikel wird auf die Oberfläche des Substrates beschichtet nach der hydrophilen Behandlung durch Oxidation.

**[0036]** Zusätzlich zu der Behandlung des Filmes an sich, der abgeschieden worden ist durch das Beschichten der kolloidalen Lösung der feinen Diamantpartikel, so wie es oben beschrieben worden ist, mit der Verbindung der allgemeinen Formel (a) und/oder (b) der Erfindung, kann es manchmal erforderlich sein, die Haftung zwischen dem Substrat und dem Film zu verbessern. In diesem Fall kann die Haftung zwischen dem Substrat und dem Film der feinen Diamantpartikel verbessert werden, indem ferner eine Vorbehandlung mit der Verbindung der obigen allgemeinen Formel (a) und/oder (b) unter allen, einer oder einer Mischung aus Hexachlordisiloxan und Hexamethoxydisiloxan zwischen der hydrophilen Behandlung und der Beschichtung durchgeführt wird. In diesem Fall kann optional ein Behandlungsschritt wie z. B. eine Trocknung und ein Erwärmen für eine ausreichende Reaktion angewandt werden.

**[0037]** Für den Fall, dass in der Erfindung X eine C<sub>1</sub> bis C<sub>8</sub> Alkoxygruppe oder Phenoxygruppe in der allgemeinen Formel (b) X<sub>3</sub>Si(OSi)mX<sub>3</sub> ist, kann das Behandlungsmittel ohne Vermischen mit der Substanz (a) verwendet werden. Diese Substanz kann mit den Hydroxygruppen auf der Oberfläche der feinen Diamantpartikel bei Raumtemperatur reagieren oder durch das Heizen um ein Vernetzen zwischen den feinen Partikeln durchzuführen. Für den Fall, dass Hydroxygruppen oder Silanolgruppen, wie z. B. Reste von Hexachlordisiloxan auf der Oberfläche der feinen Diamantpartikel verbleiben nach der Verstärkung, die auf der Oberfläche gebildet worden ist, können sie hydrophob gemacht werden durch eine Behandlung mit Hexamethyldisilazan, Monomethoxysilan, Monochlorsilan, etc..

**[0038]** Da Schwefelsäure oder Salpetersäure manchmal für den Reinigungsschritt der feinen Diamantpartikel, die in der Erfindung verwendet werden, verwendet wird, können sulphonische Gruppen oder Karboxygruppen auf der Oberfläche gebildet werden. In diesem Fall kann zumindest ein Metallion aus der Gruppe bestehend aus Kalzium, Strontium, Barium, Quecksilber, Silber, Blei oder Radium an die Gruppen gebunden werden. Das Verfahren zum Behandeln des Films mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante mit Metallionen umfasst beispielsweise ein Verfahren zum Bilden eines Films mit feinen Diamantpartikeln mit Poren, daraufhin das Auswählen eines wasserlöslichen Salzes, wie z. B. eines Hydrides, Wasserstoffchlorides oder eines Nitrates des Metalls und das Auflösen des Metalls in Wasser, das Imprägnieren der Lösung in die Poren des Films der feinen Diamantpartikel und das Verbinden derselben mit den Karboxygruppen und/oder den Sulfongruppen, die an die Oberfläche der feinen Diamantpartikel gebunden sind, oder das Hinzufügen der Lösung des Metallsalzes zu der Dispersionsflüssigkeit der feinen Diamantpartikel. In diesem Fall wird zum Entfernen von nicht benötigten Metallsalzen ein ausreichendes Waschen mit Wasser angewandt, gefolgt von einem Trocknungsschritt. Für den Fall des Durchführens der Metallsalzbehandlung und der Behandlung des Bindens der feinen Partikel miteinander, kann jeder der beiden Schritte zuerst durchgeführt werden, wobei jedoch die Durchführung des Ersteren als ersten Schritt für die Behandlung leicht ist.

**[0039]** Ferner stellt die Kombination der Metallsalzbehandlung und der Behandlung mit einem hydrophoben Agens mit Hexamethyldisilazan oder ähnlichem, so wie es oben beschrieben ist, beide Effekte bereit, wodurch der Isolationswiderstand und die elektrische Durchschlagsspannung weiter verbessert wird.

**[0040]** Die in der Erfindung verwendeten Diamantpartikel sind vorzugsweise Festkörperpartikel mit einer Partikelgröße zwischen 1 nm bis 1000 nm gereinigt bis zu einem Reinheitsgrad bis zu 95% oder höher. Die Porosität des Films einer niedrigen Dielektrizitätskonstante gemäß der Erfindung liegt vorzugsweise zwischen 40% und 80%. Für den Fall, dass die Porosität 40% oder weniger ist, nimmt die dielektrische Konstante auf 3 oder

mehr zu, hauptsächlich in einem Fall, wenn die Verteilung der Partikelgrößen der feinen Diamantpartikel breit ist, was nicht bevorzugt ist. Ferner kann für den Fall, dass die Porosität 80% oder mehr beträgt, keine mechanische Stärke erzielt werden, was für die praktische Anwendung unzureichend ist.

[0041] Obwohl ein wässriges Medium im Allgemeinen verwendet wird, ist es zum Erzeugen des Kolloids der feinen Diamantpartikel bevorzugt, dass die feinen Diamantpartikel in dem Dispersionsmedium als primäre Partikel der oben beschriebenen Partikelgröße dispergiert werden. Sie können jedoch auch verwendet werden, wenn sie zu 30 nm bis 1000 nm in ihrer Erscheinung agglomeriert sind, um Sekundärpartikel zu bilden. Zur Dispersion kann ein bekanntes Dispergiermittel für feine Partikel verwendet werden oder ein bekannter Modifizierer der Viskosität kann ebenfalls innerhalb eines Bereiches verwendet werden, der die physikalischen Eigenschaften wie die Dielektrizitätskonstante, den elektrischen Widerstandswert und die dielektrische Durchschlagsspannung nicht verschlechtert.

[0042] Da der Film aus feinen Diamantpartikeln gemäß der Erfindung Poren aufweist, hat die Oberfläche eine natürliche Rauigkeit und wird dementsprechend vorzugsweise verdichtet. Zu diesem Zweck kann ein bekanntes Verfahren, wie z. B. ein SOG-Verfahren (Spin on Glass), ein SG-Film-Verfahren (Silicate Glass), ein BPSG-Film-Verfahren (Boron Phosphate SG) oder ein Plasma-CVD-Verfahren oder ein Verfahren des Beschichtens einer Dispersionsflüssigkeit aus feinen Diamantpartikeln von 5 nm oder weniger, etc. verwendet werden.

[0043] Die Temperatur zum Behandeln des abgeschiedenen Films der gebildet worden ist durch das Aufbringen einer Beschichtung der kolloidalen Lösung der feinen Diamantpartikel mit der Verbindung, die zumindest die Verbindung gemäß der obigen allgemeinen Formel (a) und/oder (b) enthält, wird durchgeführt in einem Bereich zwischen Raumtemperatur und 400 °C. Obwohl es vom Siedepunkt der Lösung abhängt, die zum Verdünnen der Verbindung verwendet wird, erfolgt die Behandlung vorzugsweise bei einer Temperatur zwischen ungefähr 50 °C und 150 °C und mit einer simultanen Reaktion. Ferner kann der abgeschiedene Film aus feinen Diamantpartikeln bei Raumtemperatur mit einem Dampf oder einer Flüssigkeit behandelt werden, die die Verbindung enthält und daraufhin erhitzt werden und der Reaktion unterworfen werden bei einer Temperatur zwischen 40 °C und 400 °C, vorzugsweise zwischen ungefähr 50 °C und 150 °C.

[0044] Die Erfindung umfasst ferner ein elektronisches Bauteil, das als Bestandteil den oben beschriebenen Film mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante aufweist. Als elektronisches Bauteil ist ein integrierter Halbleiterschaltkreis des mehrlagigen Leitungstyps einer hohen Integrationsdichte und des Typs einer hohen Betriebsgeschwindigkeit am meisten geeignet. Es kann sich jedoch auch um eine übliche Halbleitervorrichtung oder eine Mikromaschine handeln oder um einen üblichen Kondensator mit einem Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante gemäß der Erfindung aufweisend feine Diamantpartikel und Poren (einen porösen Film aus feinen Diamantpartikeln).

#### Wirkung der Erfindung

[0045] In dem Film aus feinen, porösen Diamantpartikeln, auf dem die unlöslich machende Behandlung mit einem Metallsalz gemäß der Erfindung angewendet worden ist, ist der Isolationswiderstand 10 bis 20-fach verbessert worden und die dielektrische Durchschlagsspannung ist ebenfalls 3-fach gegenüber einem gewöhnlichen Film verbessert worden. Ferner ist die spezifische Dielektrizitätskonstante als das bedeutendste Merkmal des feinen, porösen Films aus Diamantpartikeln unverändert bei 2,0 vor und nach der Behandlung oder auf ungefähr 1,8 abgesenkt und die Funktion als Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante ist ausreichend aufrecht erhalten.

[0046] Ferner wurde in dem Film aus feinen porösen Diamantpartikeln, der mit einer Verbindung gemäß der allgemeinen Formel X-Gruppe behandelt worden ist, welche hydrophober ist als die Hydroxylgruppe der Erfindung, der Isolationswiderstand 100-fach oder mehr verbessert worden und die dielektrische Durchschlagsspannung wurde ebenfalls um das 3,5-fache oder mehr als das Übliche verbessert, um ein praktikables Niveau zu erreichen. Ferner ist die spezifische dielektrische Konstante, die das wichtigste Merkmal des feinen porösen Films aus Diamantpartikeln ist, unverändert bei 2,1 vor und nach der Behandlung, oder abgesenkt auf ungefähr 1,9 und die Funktion als Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante wird hinreichend aufrecht erhalten. Ferner konnte ein weiteres Absenken des Leckstroms und eine Zunahme der dielektrischen Durchschlagsspannung erreicht werden für den Fall, dass Sulfon-Gruppen oder Carboxy-Gruppen auf der Oberfläche der feinen Diamantpartikel vorhanden sind, durch die Kombination mit der Behandlung mit dem Metallsalz wie z.B. einem Bariumchlorid. Ferner ist bekannt, dass Diamant ein guter Wärmeleiter ist und die Wärmeleitfähigkeit wird nicht verschlechtert, selbst wenn Poren gebildet werden, verglichen mit dem existierenden SOG-Film.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0047] **Fig. 1** ist ein Schaubild, das die Strom-Spannungs-Charakteristika vor und nach einer Bariumbehandlung eines porösen Films aus feinen Diamantpartikeln gemäß der Erfindung zeigt. Die Werte in Klammern zeigen spezifische Dielektrizitätskonstanten.

[0048] **Fig. 2** ist ein Schaubild, das die Strom-Spannungs-Charakteristika des porösen Films aus feinen Diamantpartikeln gemäß der Erfindung vor und nach einer hydrophoben Behandlung zeigt.

[0049] **Fig. 3** ist ein Schaubild, das die Strom-Spannungs-Charakteristika des porösen Films aus feinen Diamantpartikeln aus Beispiel 1 gemäß der Erfindung zeigt (Symbol: ■) und eines Films einer niedrigen Dielektrizitätskonstante eines Vergleichsbeispiels 1 (Symbol: □).

[0050] **Fig. 4** ist ein Schaubild, das die Strom-Spannungs-Charakteristika eines Films einer Dielektrizitätskonstante zeigt, der im Beispiel 2 eines porösen Films aus feinen Diamantpartikeln gemäß der Erfindung erhalten worden ist (Symbol: •).

## Erste Vorgehensweisen zur Durchführung der Erfindung

[0051] Beispiele der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden beschrieben. Die Erfindung ist jedoch nicht nur auf die Beispiele begrenzt.

## Beispiel 1

## Herstellung der kolloidalen Lösung.

[0052] In reinem Wasser in einem Quarzbecher werden 5 Gew.-% von gereinigten feinen Diamantpartikeln und 1 Gew.-% von Polyethylenglykol 600 eingefüllt. Der Becher wird in einen Ultraschallwellentank eingetaucht und für eine Stunde ausreichend dispergiert, um eine graue viskose Dispersionsflüssigkeit zu erhalten.

## Spincoating-Schritt

[0053] Ein gründlich gereinigtes Siliziumsubstrat wird auf einer Spindel eines Spincoaters angeordnet; die oben beschriebene kolloidale Lösung wird nach unten ausgegossen und das Substrat wird mit 1.500 Umdrehungen/Minute gedreht, um die Lösung durch die Zentrifugalkraft gleichmäßig zu beschichten.

## Trocknungsschritt

[0054] Das mit einer Lösung aus feinen Diamantpartikeln beschichtete Siliziumsubstrat wird luftgetrocknet, um einen Film zu bilden und daraufhin auf einer heißen Platte bei 300°C angeordnet und für eine Stunde getrocknet.

## Verstärkungsbehandlung für die Filmstruktur

[0055] Das Siliziumsubstrat mit dem Film aus feinen Diamantpartikeln wird in einem Gefäß angeordnet und dicht verschlossen; eine Vernetzung zwischen den Partikeln wird herbeigeführt, indem der Film einem Dampf aus 1% Hexachlordisiloxan aufgelöst in Dichlormethan bei Raumtemperatur für eine Stunde ausgesetzt wird. Daraufhin wird ferner eine Überhitzungsbehandlung bei 300°C für eine Stunde angewandt.

## Behandlung mit einem Metallsalz

[0056] Daraufhin wird das Substrat mit dem Film in einer 1%igen Bariumhydroxidlösung für eine Stunde bei Raumtemperatur eingetaucht, nach gründlicher Reinigung durch das Nach-unten-Gießen von reinem Wasser. Daraufhin wird das Substrat in reines Wasser bei Raumtemperatur für eine Stunde eingetaucht und gereinigtes Wasser wird ferner nach unten gegossen für ein ausreichendes Reinigen, gefolgt von einem Trocknungsschritt bei 100°C für eine Stunde.

## Messen der Strom-Spannungs-Charakteristik

[0057] Eine Quecksilberelektrode wird auf dem Film in atmosphärischer Luft angeordnet und eine Spannung

wird zwischen ihr und einem Siliziumsubstrat angelegt, um die Spannung, den Stromwert und die dielektrische Durchschlagsspannung zu messen, die durch die zuvor gemessene Filmdicke dividiert wird um die Elektrolyseintensität zu berechnen.

**[0058]** Fig. 1 zeigt die Eigenschaft des Films bei einer Dicke von 540 nm, erhalten in Beispiel 1. In dem porösen Film aus feinen Diamantpartikeln, der mit Bariumhydroxid behandelt worden ist, wird die dielektrische Durchschlagsspannung um einen Faktor 3 oder mehr verbessert von 0,32 MV/cm auf 1,02 MV/cm verglichen mit dem Film vor der Behandlung. Während der Leckstrom, der den Isolationswiderstand darstellt, ungefähr  $1 \cdot 10^{-9}$  A/cm<sup>2</sup> beträgt und keinen Unterschied bei 0,01 MV/cm zeigt, hat er ungefähr 20-fach abgenommen von  $1 \cdot 10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup> auf  $2 \cdot 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> bei 0,3 MV/cm. Ferner wurde die spezifische dielektrische Konstante verbessert von 2,0 vor der Metallsalzbehandlung auf 1,8.

#### Beispiel 2

**[0059]** Das Experiment wurde mit denselben Verfahrensschritten durchgeführt, mit der Ausnahme der Durchführung der Metallsalzbehandlung mit 0,17% Kalziumhydroxid anstelle von 1% Bariumhydroxid im Beispiel 1. Die Filmdicke betrug 430 nm. Als Ergebnis wurde gefunden, dass die dielektrische Durchschlagsspannung sich von 0,86 MV/cm auf 1,0 MV/cm verbessert hat und der Leckstrom bei 0,82 MV/cm von  $1 \cdot 10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup> auf  $7 \cdot 10^{-5}$  A/cm<sup>2</sup> abgenommen hat, ebenfalls aufgrund der Behandlung mit Kalzium.

**[0060]** Beispiele der Erfindung werden im Folgenden beschrieben. Die Erfindung ist jedoch nicht nur auf die Beispiele begrenzt.

#### Beispiel 3

##### Präparation der kolloidalen Lösung

**[0061]** In reinem Wasser werden in einem Quarzbecher 5 Gew.-% von gereinigten feinen Diamantpartikeln eingefüllt und 1 Gew.-% von Polyethylenglykol 600. Daraufhin wurde der Becher in einen Ultraschallwellentank eingetaucht und hinreichend für eine Stunde dispergiert, um eine graue viskose Dispersionsflüssigkeit zu erhalten.

##### Spincoating-Schritt

**[0062]** Ein vollständig gereinigtes Siliziumsubstrat von ungefähr 20 mm<sup>2</sup> wurde einer hydrophilen Oberflächenbehandlung ausgesetzt und auf einer Spindel eines Spincoaters angeordnet; die oben beschriebene kolloidale Lösung wurde nach unten gegossen und das Substrat wurde mit 1.500 Umdrehungen/Minute gedreht, um die Lösung durch die Zentrifugalkraft gleichmäßig zu verteilen.

##### Trocknungsschritt

**[0063]** Das mit einer Flüssigkeit aus feinen Diamantpartikeln beschichtete Siliziumsubstrat wurde in Luft getrocknet, um einen Film zu bilden und daraufhin auf einer heißen Platte bei 300° angeordnet und für eine Stunde getrocknet.

##### Verstärkungsbehandlung für die Filmstruktur

**[0064]** Das Siliziumsubstrat mit dem Film aus feinen Diamantpartikeln wurde in einem dicht verschlossenen Gefäß angeordnet und eine Vernetzung zwischen den Partikeln durchgeführt, indem der Film einem Dampf von 1% Hexachlordisiloxan (HCDS) aufgelöst in Dichlormethan für eine Stunde bei Raumtemperatur ausgesetzt worden ist, woraufhin ferner eine Überhitzungsbehandlung bei 300°C für eine Stunde durchgeführt wurde.

##### Hydrophobe Behandlung

**[0065]** Daraufhin wurde das Substrat mit dem Film in einem Gefäß angeordnet, das eine flüssige Mischung von 1% Hexamethyldisilazan (HMDS)/Dichlormethan enthält und dicht verschlossen wurde und einem Dampf ausgesetzt bei einer Raumtemperatur für eine Stunde, um eine hydrophobe Behandlung durchzuführen. Daraufhin wurde ferner eine Überhitzungsbehandlung bei 300°C für eine Stunde durchgeführt.

## Messung der Strom-Spannungs-Charakteristika

[0066] Eine Quecksilberelektrode wurde auf einem Film in einer Luftatmosphäre angeordnet und eine Spannung wurde zwischen der Elektrode und einem Siliziumsubstrat angelegt, um die Spannung, den Stromwert und die dielektrische Durchschlagsspannung zu messen, die durch eine zuvor gemessene Filmdicke dividiert wurden, um die Elektrolyseintensität zu berechnen.

[0067] **Fig. 2** zeigt die Strom-Spannungs-Charakteristika des Films bei einer Dicke von 430 nm, der in Beispiel 3 erhalten worden ist. In dem porösen Film aus feinen Diamantpartikeln, auf den eine hydrophobe Behandlung angewandt worden ist, wurde die dielektrische Durchschlagsspannung um ungefähr einen Faktor 2 verbessert von 0,57 MV/cm auf 1,03 MV/cm. Der Leckstrom, der den Isolationswiderstand darstellt, wurde von  $1 \cdot 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> auf  $2 \cdot 10^{-9}$  A/cm<sup>2</sup> bei einer Spannung von 0,1 MV/cm abgesenkt und auf ungefähr ein Hundertstel abgesenkt von  $1 \cdot 10^{-5}$  A/cm<sup>2</sup> auf  $1 \cdot 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> bei 0,23 MV/cm. Ferner blieb die spezifische Dielektrizitätskonstante unverändert bei 2,0 vor und nach der Behandlung. Wie durch die unterbrochene Linie in **Fig. 2** dargestellt, erfüllt die Erfindung die Anforderung, da eine dielektrische Durchschlagsspannung von 1 MV/cm oder mehr verlangt wird. Ferner, während ein Leckstrom von  $10^{-8}$  A/cm<sup>2</sup> oder weniger im Allgemeinen verlangt wird, könnte dies erreicht werden bei einer Spannung von 0,4 MV/cm oder weniger.

## Beispiel 4

[0068] Das Experiment wurde mit denselben Verfahrensschritten durchgeführt mit der Ausnahme einer Behandlung mit einem Gas aus 1% Trimethylmonochlorsilan/Toluol-Lösung anstelle von 1% Hexanmethyldisilazan in Beispiel 3. Die Filmdicke betrug 530 nm. Im Ergebnis wurde durch die Behandlung mit Trimethylmonochlorsilan 1,11 MV/cm für die dielektrische Durchschlagsspannung erreicht, was höher ist als 1 MV/cm und  $1,1 \cdot 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> des Leckstroms wurde bei einer Spannung von 0,2 MV/cm erreicht.

## Beispiel 5

## Herstellung der kolloidalen Lösung

[0069] In reines Wasser in einem Becher aus Quarz wurden 5 Gew.-% gereinigte feine Diamantpartikel eingefüllt und 0,1 Gew.-% Dimethylamin und 1 Gew.-% Polyethylenglykol mit einem Molekulargewicht von 5 Millionen. Der Becher wurde in einen Ultraschallwellentank eingetaucht und ausreichend für eine Stunde dispergiert, um eine graue viskose Dispersionflüssigkeit zu erhalten.

## Spincoating-Schritt

[0070] Ein vollständig gereinigtes Siliziumsubstrat wurde in ungefähr 20 mm<sup>2</sup> geschnitten, einer hydrophilen Oberflächenbehandlung ausgesetzt und daraufhin auf einer Spindel eines Spincoaters angeordnet. Die oben beschriebene kolloidale Lösung wurde nach unten gegossen und das Substrat wurde mit 1.500 Umdrehungen/Minute gedreht, um die Lösung durch die Zentrifugalkraft gleichmäßig zu beschichten.

## Trocknungsschritt

[0071] Das mit einer Flüssigkeit aus feinen Diamantpartikeln beschichtete Substrat wurde in Luft getrocknet, um einen Film zu bilden und daraufhin auf einer heißen Platte bei 300° angeordnet und für eine Stunde getrocknet.

## Verstärkungsbehandlung für die Filmstruktur

[0072] Das Siliziumsubstrat mit dem Film aus feinen Diamantpartikeln wurde in einem dicht verschlossenen Gefäß angeordnet und eine Partikeldurchdringung zwischen den Partikeln durchgeführt, indem es ausreichend einem Dampf von 10% Dichlortetramethyldisiloxan (DCTMDS) aufgelöst in Dichlormethan bei Raumtemperatur für eine Stunde ausgesetzt wurde. Daraufhin wurde eine Überhitzungsbehandlung bei 300°C für eine Stunde angewandt.

## Messung der Strom-Spannungs-Charakteristika

[0073] Eine Quecksilberelektrode wurde auf einem Film in atmosphärischer Luft angeordnet und eine Spannung wurde zwischen der Elektrode und dem Siliziumsubstrat angelegt, um die Spannung, den Stromwert und

die dielektrische Durchschlagsspannung zu messen, die durch eine vorher gemessene Filmdicke dividiert wurden, um die Elektrolyseintensität zu berechnen.

[0074] **Fig. 3** zeigt die Strom-Spannungs-Charakteristika des Films bei einer Dicke von 510 nm, der im Beispiel 5 erhalten worden ist. In dem porösen Film aus feinen Diamantpartikeln, auf den eine DCTMDS-Behandlung angewandt worden ist, wurde die dielektrische Durchschlagsspannung um den Faktor 3,5 oder mehr von 0,57 MV/cm auf 2,0 MV/cm (Messgrenze) verbessert verglichen mit dem Film im vergleichenden Beispiel 1, das nachfolgend beschrieben wird. Der Leckstrom, der den Isolationswiderstand darstellt, wurde von  $1 \cdot 10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup> auf  $7 \cdot 10^{-8}$  A/cm<sup>2</sup> bei einer Spannung von 0,57 MV/cm abgesenkt und auf  $1 \cdot 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> bei 1 MV/cm abgesenkt, wenn sie in der gleichen Weise verglichen werden. Ferner blieb die dielektrische Konstante unverändert bei 2,0 vor und nach der Behandlung. Wie durch die durchbrochene Linie in **Fig. 3** dargestellt, erreichen sowohl die dielektrische Durchschlagsspannung als auch der Leckstrom ein praktikables Niveau gemäß der Erfindung, wobei 1 MV/cm oder höher für die dielektrische Durchschlagsspannung und  $1 \cdot 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> oder weniger für den Leckstrom allgemein verlangt werden.

[0075] Darüber hinaus hatte der poröse Film aus feinen Diamantpartikeln aus diesem Beispiel keine Nachteile wie z.B. eine Zerstörung der Bänder zwischen den Partikeln und zeigte eine hinreichende Stärke beim Messen durch das Kontaktieren der Messprobe für die elektrischen Eigenschaften oder bei der Reibung durch die Berührung mit einem Finger.

#### Beispiel 6

[0076] Das Experiment wurde mit denselben Verfahrensschritten durchgeführt mit der Ausnahme einer Behandlung mit einem Gas aus einer flüssigen Mixtur aus einem 1 Gew.-% DCTMDS und 1 Gew.-% Hexachlordisiloxan anstelle von 10% DCTMDS in Beispiel 5. Als Ergebnis der Messung betrug die Filmdicke 680 nm und die spezifische dielektrische Konstante war 2,1.

[0077] Eine dielektrische Durchschlagsspannung von 1,43 MV/cm wurde erreicht, was höher ist als 1 MV/cm und ein Leckstrom von  $2 \cdot 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> wurde erreicht, was weniger ist als  $1 \cdot 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> bei einer Spannung von 1 MV/cm.

[0078] Ferner hatte der poröse Film aus Diamantpartikeln des Beispiels keine Nachteile, wie z.B. eine Zerstörung der Verbindung zwischen den Partikeln und behielt eine ausreichende Stärke, selbst bei der Reibung durch die Berührung mit einem Finger.

#### Vergleichsbeispiel 1

[0079] Das Experiment wurde mit denselben Verfahrensschritten durchgeführt mit der Ausnahme der Behandlung mit einem Gas aus 1 Gew.-% Hexachlordisiloxanlösung anstelle von 10 Gew.-% DCTMDS in Beispiel 5. Die Filmdicke war 510 nm. Der poröse Film aus feinen Diamantpartikeln hatte eine dielektrische Durchschlagsspannung von 0,6 MV/cm und einen Leckstrom von  $1 \cdot 10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup> und konnte nicht die Anforderung von 1 MV/cm für die dielektrische Durchschlagsspannung und  $1 \cdot 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> oder weniger für den Leckstrom als den praktischen Standard erfüllen.

#### Industrielle Anwendbarkeit

[0080] Gemäß der Erfindung wurde eine spezifische dielektrische Konstante von 1,8 zum ersten Mal erreicht durch die Verwendung eines porösen Films aus feinen Diamantpartikeln. Dies ist ein anorganischer Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante mit einer hohen Wärmeständigkeit und hoher Wärmeleitfähigkeit. Ferner hat die dielektrische Durchschlagsspannung 1 MV/cm als praktischen Standard erreicht und ferner war der Leckstrom bei ungefähr  $10^{-8}$  A/cm<sup>2</sup> bis  $10^{-9}$  A/cm<sup>2</sup> bei einer praktikablen Spannung. Dies ermöglicht nicht nur die Herstellung von Halbleitervorrichtungen mit mehrlagigen Leitern oder Halbleiterkondensatoren sondern auch andere hochleistungsfähige elektronische Bauteile für allgemeine Zwecke, wie z.B. hochleistungsfähige Kondensatoren.

[0081] Gemäß der Erfindung wurde eine spezifische dielektrische Konstante von 2,0 erreicht durch die Verwendung eines porösen Films aus feinen Diamantpartikeln. Dies ist ein anorganischer Film mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante, der eine hohe Hitzebeständigkeit und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Ferner wurde eine dielektrische Durchschlagsspannung von 1 MV/cm als einem praktikablen Standard erreicht und ferner wurde ein Leckstrom von  $10^{-8}$  A/cm<sup>2</sup> bis  $10^{-9}$  A/cm<sup>2</sup> bei einer praktikablen Spannung erreicht. Dies er-

möglicht nicht nur die Herstellung von Halbleitervorrichtungen mit mehrlagigen Leitern oder Halbleiterkondensatoren, sondern auch andere hochleistungsfähige elektronische Bauteile für allgemeine Zwecke, wie z.B. hochleistungsfähige Kondensatoren und Isolatoren zwischen Leitern.

**[0082]** Gemäß der Erfindung wurde eine spezifische dielektrische Konstante von 2,0 erreicht durch die Verwendung eines porösen Films aus feinen Diamantpartikeln. Dies ist ein anorganischer Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante mit einer hohen Hitzebeständigkeit und einer hohen Wärmeleitfähigkeit. Ferner wurde eine dielektrische Durchschlagsspannung von 2,0 MV/cm (Messgrenze) oder mehr erreicht, die 1 MV/cm übertrifft, welches der praktische Standard ist. Ferner wurde ein Leckstrom von  $1 \cdot 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> bei einer praktikablen Spannung von 1 MV/cm erreicht. Dies ermöglicht nicht nur die Herstellung von Halbleitervorrichtungen die mit mehrlagigen Leitern oder Halbleiterkondensatoren, sondern auch die Herstellung anderer hochleistungsfähiger elektronischer Bauteile für allgemeine Zwecke, wie z.B. von Hochleistungskondensatoren und Isolatoren zwischen Leitern und kann stark zu der Entwicklung der elektronischen Industrie einschließlich Computern beitragen.

#### Zusammenfassung

**[0083]** Während es bekannt ist, dass ein poröser Film aus feinen Diamantpartikeln eine hohe Hitzebeständigkeit aufweist und eine niedrige Dielektrizitätskonstante und ferner eine hohe mechanische Stabilität aufweist und eine hohe Wärmeleitfähigkeit und erwartet wird, dass er sich als Isolierfilm für mehrlagige Leiter in integrierten Halbleiterschaltungsvorrichtungen eignet, ist er unzureichend im Hinblick auf die Strom-Spannungscharakteristik und ist daher noch nicht praktisch verwendet worden. Gemäß der Erfindung wird der poröse Film aus feinen Diamantpartikeln mit einer wässrigen Lösung eines Salzes eines Metalls wie z.B. Barium und Kalzium behandelt, deren Karbonat oder Sulfat unlöslich ist oder weniger löslich ist und einem hydrophoben Agens, wie z.B. Hexamethyldisilazan oder Trimethylmonochlorsilan, sowie mit einem verstärkenden Agens, das eines der beiden Substanzen Dichlortetramethyldisiloxan oder Dimethoxytetramethyldisiloxan enthält, wodurch es möglich wird, die dielektrische Durchschlagsspannung und den Leckstrom in einen angegebenen Bereich für einen praktischen Standard zu bringen.

#### Patentansprüche

1. Ein Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante, aufweisend einen Film mit zumindest feinen Diamantpartikeln und Poren, wobei der Film der niedrigen Dielektrizitätskonstante zumindest ein Metall aufweist, ausgewählt aus der Gruppe von Metallen, deren Karbonatsalze oder Sulfatsalze eine Löslichkeit von 1 g/100 g oder weniger bei Raumtemperatur aufweisen.
2. Der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 1, wobei das Metall zumindest ein Mitglied der Gruppe ist bestehend aus Kalzium, Strontium, Barium, Quecksilber, Silber, Blei und Radium.
3. Ein Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante mit zumindest feinen Diamantpartikeln und Poren, wobei der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante behandelt wird mit einer wässrigen Lösung eines Salzes von zumindest einem Metall ausgewählt aus der Gruppe aus Metallen, deren Karbonatsalze oder Sulfatsalze eine Löslichkeit von 1 g/100 g oder weniger bei Raumtemperatur aufweisen.
4. Der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 3, welcher mit einer wässrigen Lösung eines Salzes von zumindest einem Metall aus der Gruppe aufweisend Kalzium, Strontium, Barium, Quecksilber, Silber, Blei und Radium behandelt wird.
5. Ein elektronisches Bauteil, aufweisend einen Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 als zumindest einem darin enthaltenen Element.
6. Ein Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante aufweisend einen Film mit zumindest feinen Diamantpartikeln und Poren, wobei die Oberfläche der feinen Diamantpartikel eine Gruppe der allgemeinen Formel X-Gruppe aufweist, welche hydrophober ist als eine Hydroxylgruppe, anstelle einer Hydroxylgruppe.
7. Der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 1, wobei X in der allgemeinen Formel der X-Gruppe zumindest ein Mitglied ist ausgewählt aus der Gruppe aufweisend Wasserstoff, Fluor, eine C<sub>1</sub> bis C<sub>4</sub> Alkoxygruppe, eine Phenoxygruppe, o-(m- oder p-)Alkylphenoxygruppe (in der die Alkylgruppe eine C<sub>1</sub> bis C<sub>4</sub> Alkylgruppe ist, OCOR, OCONRR', OSiR<sub>3</sub> [wobei R und R' jeweils Wasserstoff, eine C<sub>1</sub> bis C<sub>4</sub> Alkylgruppe, eine Phenylgruppe oder eine o-(m- oder p-)Alkylphenylgruppe darstellen].

8. Der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 1 oder 2, wobei X in der allgemeinen Formel der X-Gruppe  $\text{OSiR}_3$  ist (wobei R eine  $\text{C}_1$  bis  $\text{C}_4$  Alkylgruppe ist).

9. Ein elektronisches Bauteil aufweisend den Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach einem der Ansprüche 1 bis 3 als zumindest einem darin enthaltenen Element.

10. Verfahren zur Herstellung eines Films einer niedrigen Dielektrizitätskonstante, wobei das Verfahren aufweist den Schritt des Reagierens von aktiven Hydroxylgruppen auf der Oberfläche von feinen Diamantpartikeln und einem hydrophoben Agens.

11. Verfahren der Herstellung eines Films einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 5, wobei das hydrophobe Agens zumindest ein Mitglied ist aus der Gruppe bestehend aus Hexaalkyldisilazan, Trialkylmonohalogensilan, Triphenylmonohalogensilan, aryliertes Alkylmonohalogensilan, Dialkyldihalogensilan, Trialkylmonomethoxysilan, Triphenylmonomethoxysilan, aryliertes Monoalkoxyalkylsilan, Dialkyldimethoxysilan und Diazoalkylen.

12. Ein Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante aufweisend einen Film mit zumindest feinen Diamantpartikeln und Poren, wobei die Oberfläche der feinen Diamantpartikel behandelt worden ist mit zumindest einer einzigen Substanz gemäß der folgenden Formel (a) oder einer Mischung aus Substanzen von zumindest einer gemäß der Formel (a) und zumindest einer gemäß der Formel (b), die im Folgenden angegeben werden:  
(a) eine Substanz dargestellt durch die allgemeine Formel:



(b) eine Substanz dargestellt durch die allgemeine Formel:



(wobei  $n = 1$  oder  $2$ ,  $m$  eine ganze Zahl von  $0$  bis  $3$  ist,  $X$  eine Halogengruppe darstellt, eine  $\text{C}_1$  bis  $\text{C}_6$  Alkoxygruppe oder eine Phenoxygruppe und  $R$  eine  $\text{C}_1$  bis  $\text{C}_6$  Alkylgruppe darstellt).

13. Der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 1, wobei X zumindest ein Mitglied ist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Chlorgruppe, einer Methoxygruppe und einer Ethoxygruppe, wobei R eine Methyl- oder eine Ethylgruppe in der allgemeinen Formel (a) und der allgemeinen Formel (b) darstellt.

14. Der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 1 oder 2, wobei  $m = 1$  ist in der allgemeinen Formel (a) und der allgemeinen Formel (b).

15. Der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei  $n = 1$  ist in der allgemeinen Formel (a).

16. Der Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 1, wobei die Substanz aus der allgemeinen Formel (a) zumindest ein Mitglied ist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Dichlortetramethyldisiloxan, Dimethoxytetramethyldisiloxan, Tetrachlordimethyldisiloxan und Tetramethoxydimethyldisiloxan und wobei die Substanz der allgemeinen Formel (b) zumindest ein Mitglied ist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Hexachlordisiloxan, Hexamethoxydisiloxan und Hexaethoxydisiloxan.

17. Ein Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante aufweisend einen Film aufweisend zumindest feine Diamantpartikel und Poren, wobei die Oberfläche der feinen Diamantpartikel behandelt worden ist mit zumindest einem Mitglied aus der allgemeinen Formel (b), in der X eine  $\text{C}_1$  bis  $\text{C}_6$  Alkoxygruppe oder eine Phenoxygruppe darstellt.

18. Ein elektronisches Bauteil, aufweisend den Film einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach einem der Ansprüche 1 bis 6, als zumindest einem darin enthaltenen Element.

19. Verfahren zur Herstellung eines Films einer niedrigen Dielektrizitätskonstante, wobei das Verfahren den Schritt des chemischen Reagierens von Hydroxylgruppen aus der Oberfläche der feinen Diamantpartikel und zumindest einer einzigen Substanz gemäß der allgemeinen Formel (a) oder einer Mischung von Substanzen von zumindest einer Substanz gemäß der allgemeinen Formel (a) und zumindest einer Substanz der all-

gemeinen Formel (b) umfasst, die oben beschrieben worden sind.

20. Verfahren des Herstellens eines Films einer niedrigen Dielektrizitätskonstante nach Anspruch 8, wobei die Substanz der allgemeinen Formel (a) zumindest ein Mitglied ist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Dichlortetramethyldisiloxan, Dimethoxytetramethyldisiloxan, Tetrachlordimethyldisiloxan und Tetramethoxydimethyldisiloxan, und wobei die Substanz der allgemeinen Formel (b) zumindest ein Mitglied ist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Hexachlordisiloxan, Hexamethoxydisiloxan und Hexaethoxydisiloxan.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

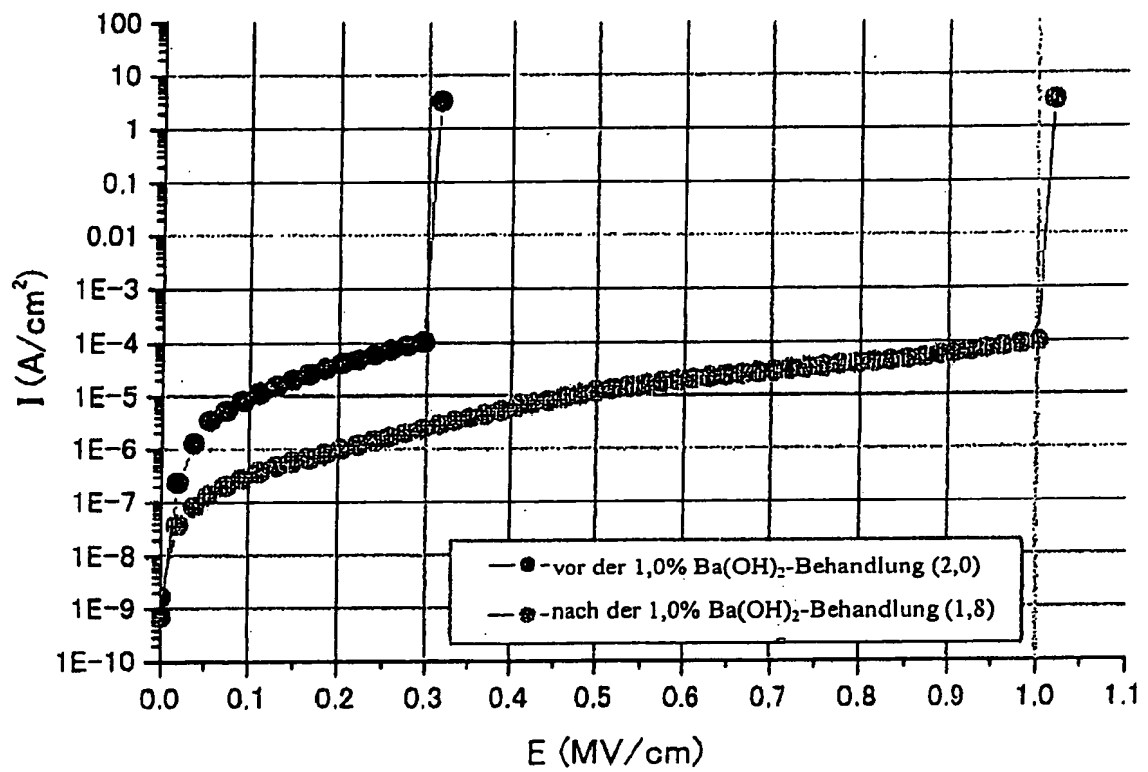


FIG. 2

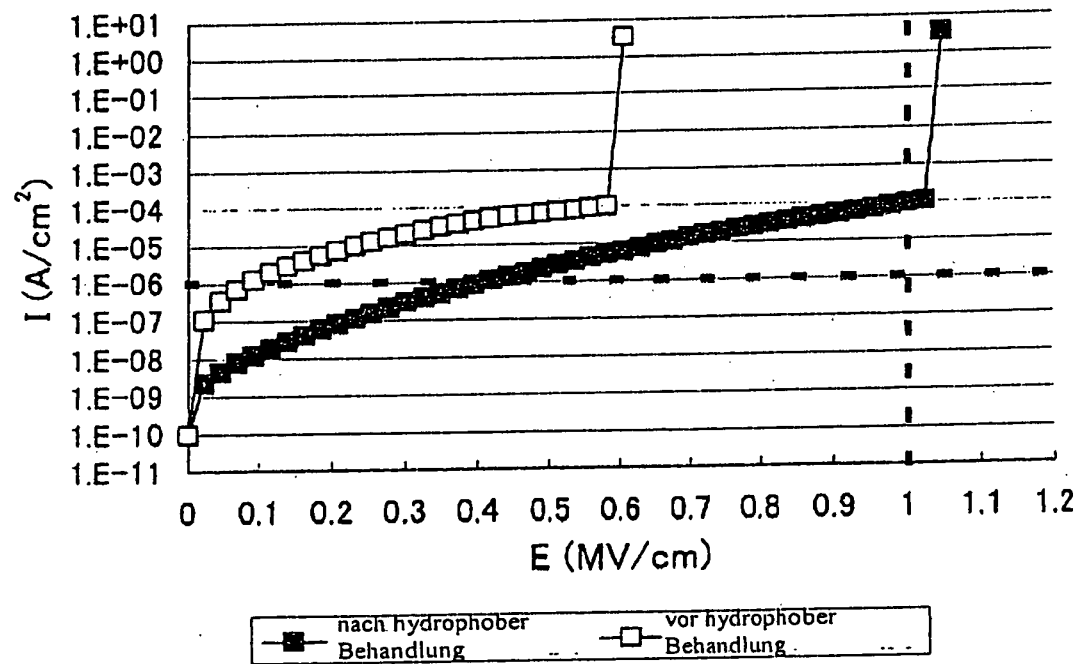


FIG. 3

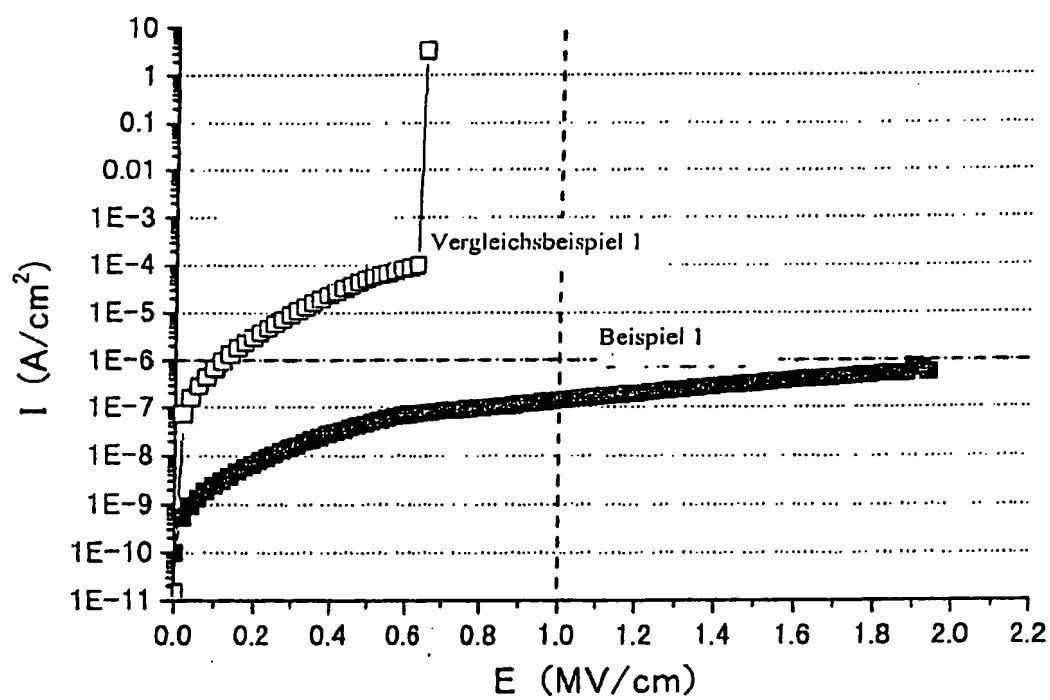


FIG. 4

